



TITLE:

ランキングベクトルによるSI企業 の評価及び、将来性評価について (函数解析学による一般化エントロ ピーの新展開)

AUTHOR(S):

青葉, 達也; 大島, 邦夫; 石澤, 伊矩磨

CITATION:

青葉, 達也 ...[et al]. ランキングベクトルによるSI企業の評価及び、将来性評価について
(函数解析学による一般化エントロピーの新展開). 数理解析研究所講究録 2013, 1852: 60-
70

ISSUE DATE:

2013-09

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/195158>

RIGHT:

ランキングベクトルによる SI 企業の評価及び、将来性評価について

東京理科大学大学院経営学研究科経営学専攻
青葉達也
大島邦夫
石澤伊矩磨

1. 研究背景および研究目的

現在の世の中には様々なランキングが存在している。その中には、企業評価ランキングというものがある。ある一定の基準に基づき評価され並べられたランキング形式のメリットは、複数の企業を一目で比較できる点である。一方で、デメリットは順位付けの理由や手法などが一目で判断し兼ねる点がある。一般的には平均点、分散、標準偏差、中央値、最頻値、偏差値などの統計的手法を用いてランキングをおこなうか、または何らかの形でランキングが行われた後でそのランキングの妥当性が論じられるために先に述べた統計の結果を用いるのが一般的である。前述のように、これまでのどの分野におけるランキング付けにおいても、統計的手法が用いられてきた。しかしながら、昨今において『GOOGLE の検索エンジン』や、スマートフォンのアプリから得られた膨大なデータの解析処理による『ビックデータ』の活用が目撃されている。『ビックデータ』について簡単に説明するならば、多様性に富み、かつ高頻度で大量に発生するデジタルデータのことであり、近年、情報の電子化が進んだことで、毎日膨大な量のデータが蓄積されるようになった。そこで、こうしたデータを解析して何らかのパターンを見出し、近い将来に起こることを予測したり、生活やビジネスに役立てたりすることである。例えば、コンビニやファストフードチェーンでは、年齢、住所、性別などを登録したポイントカードやアプリの提示を客に求め、それぞれの購入情報を蓄積している。このデータを使って客の好みや傾向を把握し、売れる商品を予測して、品揃えの強化などに役立てるわけだ。特に今挙げた事柄に関して、今まで一般的に用いられてきた統計的手法を用いようとした場合、その処理は多くの時間や手間が掛かり、昨今の収集されたデータや情報を瞬時に解析・処理を行う場合に今までの手法では適さない場合が多々生じる。そのため、統計的手法に代わるものとして、決定的手法の必要性が考えられ始めた。

一般的に、順位付けに用いられている基準が一番明確であるのが、一つの指標をランキング形式で並べる方法である。後にも述べるように、例えば、時価総額・売上高・株主資本利益率が代表的なものとして挙げられる。近年では、企業財務情報のデータバンクが整備され、様々な財務データが容易に手に入るようになった。しかし、企業評価ランキングにおいては、時価総額・売上高・株主資本利益率などが利用され、それらが一般的な企業評価指標となっている現状がある。

しかしながら、多種多様な業界が存在する現在、それぞれの業界の企業評価に同じ指標を用いて行うランキング作成には、その業界の特徴・特色が必ずしも反映されないままランキングの作成が行われていることは否めない。また、使われている指標が明確にされていない企業評価ランキングも存在し、そのランキングの有効性さえも疑問に思うものも存在する。

本研究では、数ある業界の中でも自身の就職活動を通じ SI【System Integration】業界についてそ

の業界の特徴・特色を踏まえた指標を用い、より精密なランキングの作成を行う。前述のように、現在一般的に公表されているランキングにおいては、一つの財務的な指標を用いたランキング作成や、具体的に使用された指標が不明確、もしくは順位付け理由の判断が容易でないものなど、厳密なランキング付けの観点からはかけ離れたものが多々存在する。そのため、本研究においては、SI 業界の特徴・特色を含んだ複数の相対的指標を同時に用い、厳密な総合企業評価ランキングの作成を目的とする。かつ、順位付けの評価基準が明瞭であり、容易にそのランキング結果が含む意義を判断し得るランキングの作成を目的とする。

これらにより、現在存在する SI 企業評価ランキングと比べ、本研究において作成された SI 企業の特徴・特色を踏まえた独自の様々な指標を使った総合企業評価ランキングのメリットを明確にし、また、作成した総合企業評価ランキングから、現在存在する SI 企業にとって最適な従業員数の提案も行いたいと考える。これらによって、自身の総合企業評価ランキングの有効性を最終的に明らかにしていきたいと考える。

2. 研究手法

今回の研究を進めるにあたって利用する手法について説明する。

• Perron-Frobenius の定理

非負正方行列	既約行列	定義
\Downarrow	\Downarrow	
$A = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1n} & \alpha_{2n} & \cdots & \alpha_{nn} \end{pmatrix}$		① 絶対値最大の固有値は、正で、かつ、実数である ($r > 0$)
		② 絶対値最大の固有値は、Aの固有方程式の単純根である (r は、単純固有値である)
		③ 絶対値最大の固有値に対応する固有ベクトルの成分は、全て正であるか、又は全て負である

• べき乗法(Power method)

べき乗法とは、ある $n \times n$ の固有値のうち、絶対値最大のものを求める手法である。具体的には、与えられた $n \times n$ 行列に対して、適当な初期ベクトル $x^{(0)}$ から始めて、逐次

$$x^{(k)} = Ax^{(k-1)}$$

を計算することで、 $x^{(k)}$ が A の絶対値最大の固有値 λ_1 に属する固有ベクトルに収束していくことを利用し、

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{x^{(k)T} x^{(k)}}{x^{(k)T} x^{(k-1)}} = \lambda_1$$

により絶対値最大の固有値を得る。

4. 評価行列とランキング作成

行列の固有ベクトルをランキングベクトルとし、これを基にランキングベクトルを適用した企業評価ランキングの作成方法を考察する。

評価対象とした SI【System Integration】企業 34 社と財務指標を基にした評価行列の作成方法について示す。

- 企業の集合 S

$$S = \{S_i: 1 \leq i \leq n\}$$

S_i : 企業の財務指標に対する偏差値

- 財務指標の集合 T

$$T = \{T_j: 1 \leq j \leq m\}$$

次に、評価行列を作成する

ある業種に所属する企業 n とおく

- 評価行列 A

$$A = \{a_{ij}: 1 \leq i, j \leq n + m\} \quad (4.1)$$

この評価行列は、企業が複数の財務指標に対しての成績を示す

この時の、 $k = j + n$ とおくと、

$$a_{ik} = s_i / (s_i + t_j) \quad (4.2)$$

$$a_{ik} = 1 - a_{ik} \quad (4.3)$$

- 企業同士の比較をウェイト h とおく

$$a_{ik} = h \quad (h > 0, i \neq j) \quad (4.4)$$

- 財務指標同士の比較をウェイト w とおく

$$a_{xy} = w \quad (w > 0, x \neq y) \quad (4.5)$$

本研究においては、両者とも平等と考え、ウェイト付を行わないと考え、

$h = 0.5$ $w = 0.5$ を代入する

$$a_{ij} = a_{ji} = 0 \quad (i = j) \quad (4.6)$$

本研究では、この評価行列に Perron-Frobenius の定理を適用すべき乗法で固有 λ 、固有ベクトル r を算出する。

まず、前章において偏差値化した各指標を用いて行列式を作成する。本研究では、偏差値を用いたため行列式における対角との合計は『1』となるように設定した。また、企業同士の比較値=ウェイト h 、財務指標同士の比較値=ウェイト w とした。今回、企業同士および指標同士の対戦では、 h と w は同等とみなし各々に 0.5 のポイントを与えた。

表 2 : 評価行列 A

$$A = \begin{pmatrix} 0 & h & h & h & h & h & h & h & h & h & 0.399 & 0.476 & 0.478 & 0.452 \\ h & 0 & h & h & h & h & h & h & h & h & 0.681 & 0.763 & 0.761 & 0.693 \\ h & h & 0 & h & h & h & h & h & h & h & 0.457 & 0.430 & 0.440 & 0.414 \\ h & h & h & 0 & h & h & h & h & h & h & 0.476 & 0.434 & 0.415 & 0.519 \\ h & h & h & h & 0 & h & h & h & h & h & 0.582 & 0.579 & 0.571 & 0.538 \\ h & h & h & h & h & 0 & h & h & h & h & 0.474 & 0.436 & 0.443 & 0.420 \\ h & h & h & h & h & h & 0 & h & h & h & 0.485 & 0.479 & 0.488 & 0.455 \\ h & h & h & h & h & h & h & 0 & h & h & 0.516 & 0.537 & 0.542 & 0.503 \\ h & h & h & h & h & h & h & h & 0 & h & 0.316 & 0.428 & 0.446 & 0.693 \\ h & h & h & h & h & h & h & h & h & 0 & 0.614 & 0.439 & 0.415 & 0.425 \\ 0.601 & 0.319 & 0.543 & 0.524 & 0.418 & 0.526 & 0.515 & 0.484 & 0.684 & 0.386 & 0 & w & w & w \\ 0.524 & 0.237 & 0.570 & 0.566 & 0.421 & 0.564 & 0.521 & 0.463 & 0.572 & 0.561 & w & 0 & w & w \\ 0.522 & 0.239 & 0.560 & 0.585 & 0.429 & 0.557 & 0.512 & 0.458 & 0.554 & 0.585 & w & w & 0 & w \\ 0.548 & 0.307 & 0.586 & 0.481 & 0.462 & 0.580 & 0.545 & 0.497 & 0.307 & 0.575 & w & w & w & 0 \end{pmatrix} \quad (h > 0, w > 0) \quad (4.7)$$

本研究では表 2 の行列 A を評価行列とし、前節で示した評価行列の算出式(4.1)-(4.6)の解を示す。前節で示した(4.1)の式は企業からの視点であり、企業が各財務指標に対し獲得した点数とした。表 2 の行列は、34 社中 10 社で評価行列を生成したものである。そのため行列の成分 $a[i,j]$ ($1 \leq i \leq 10, 11 \leq j \leq 14$)とした。残りの成分 $a[i,j]$ ($11 \leq i \leq 14, 1 \leq j \leq 10$)は財務指標からの視点であり、指標が各企業に対し獲得した点数とした。

式(4.4)は企業同士の比較、式(4.5)は財務指標同士の比較を表す。そのため、本研究において企業同士の値をウェイト h 、財務指標同士の値をウェイト w とする。企業同士、および財務指標同士の関係は今回平等と考え、ウェイト h を $a[i,j] = 0.5$ ($1 \leq i,j \leq 10$, ただし $i \neq j$)、ウェイト w を $a[i,j] = 0.5$ ($11 \leq i,j \leq 14$)とする。式(4.6)の行列 A の成分($i = j, 1 \leq i,j \leq 14$)は、企業自身との違い、財務指標同士の違いを表すが、これらの比較要素は存在しないため 0 とする。

上記の条件のもと、実際に SI【System Integration】企業 34 社の評価行列 A の固有値 λ 、ランキンベクトル r を算出し、その結果を以下に示す。

表 3 : 総合企業評価ランキング

順位	SI 企業	ランキンベクトル
1 位	パナソニック電工 インフォメーションシステムズ	0.0279427
2 位	野村総合研究所	0.0276092
3 位	兼松エレクトロニクス	0.0273238
4 位	大塚商会	0.0269683
5 位	インフォコム	0.0268132
6 位	伊藤忠テクノソリューションズ	0.0267398
7 位	新日鉄ソリューションズ	0.0265407

8位	電通国際情報サービス	0.0264375
9位	フューチャーアーキテクト	0.0264368
10位	営業利益/従業員数	0.0264273
11位	SCSK	0.0264219
12位	モジュール	0.0263952
13位	シーエーシー	0.0263639
14位	アイネス	0.0262840
15位	日立製作所	0.0262757
16位	当期純利益/従業員数	0.0262427
17位	三菱総合研究所	0.0262228
18位	NTT DATA	0.0261997
19位	JBCC ホールディングス	0.0261977
20位	SRA ホールディングス	0.0261836
21位	ウチダエスコ	0.0261445
22位	NEC	0.0261403
23位	経常利益/従業員数	0.0261025
24位	NSD	0.0260968
25位	日本総合研究所	0.0260884
26位	日本ユニシス	0.0260812
27位	DTS	0.0260712
28位	ラック	0.0260622
29位	富士通	0.0260474
30位	SJI	0.0260357
31位	オービック	0.0260186
32位	富士ソフト	0.0259432
33位	菱友システムズ	0.0259361
34位	JFE システムズ	0.0259281
35位	日本サード・パーティ	0.0258766
36位	シーイーシー	0.0258718
37位	IT ホールディングス	0.0258373
38位	売上高/従業員数	0.0256915

次に、全 34 社を従業員規模別に、従業員数 1 万人以上・3000～9999 人・2000～2999 人・1000～1999 人・999 人以下とグループ分けし、SI【System Integration】業界の中で最適な企業規模や従業員数をランキングベクトルを用いたランキング付けから考察を行う。その結果を以下の表に示す。

表 4：従業員数 1 万人企業評価ランキング

従業員数 1 万人以上				
固有値	4.9897053	回数	9	
日立製作所	0.0904821		当期純利益/従業員数	0.0973736
富士通	0.0876098		営業利益/従業員数	0.0972627
NEC	0.0887051		売上高/従業員数	0.0943830
NTT DATA	0.0895172		SCSK	0.0920985
IT ホールディングス	0.0849548		経常利益/従業員数	0.0913247
SCSK	0.0920985		日立製作所	0.0904821
富士ソフト	0.0862885		NTT DATA	0.0895172
売上高/従業員数	0.0943830		NEC	0.0887051
営業利益/従業員数	0.0972627		富士通	0.0876098
当期純利益/従業員数	0.0973736		富士ソフト	0.0862885
経常利益/従業員数	0.0913247		IT ホールディングス	0.0849548

表 5：従業員数 3000～9999 人企業評価ランキング

従業員数 3000～9999 人				
固有値	4.9699156	回数	9	
日本ユニシス	0.0886741		野村総合研究所	0.1058343
大塚商会	0.0986286		大塚商会	0.0986286
伊藤忠テクノソリューションズ	0.0960720		伊藤忠テクノソリューションズ	0.0960720
野村総合研究所	0.1058343		新日鉄ソリューションズ	0.0938340
新日鉄ソリューションズ	0.0938340		三菱総合研究所	0.0902635
NSD	0.0888525		NSD	0.0888525
三菱総合研究所	0.0902635		日本ユニシス	0.0886741
売上高/従業員数	0.0828446		経常利益/従業員数	0.0863426
営業利益/従業員数	0.0846806		営業利益/従業員数	0.0846806
当期純利益/従業員数	0.0839731		当期純利益/従業員数	0.0839731
経常利益/従業員数	0.0863426		売上高/従業員数	0.0828446

表 6 : 従業員数 2000~2999 人企業評価ランキング

従業員数 2000~2999 人				
固有値	4.4886482	回数	8	
DTS	0.0964221		営業利益/従業員数	0.1068338
JBCC ホールディングス	0.0981082		経常利益/従業員数	0.1064777
シーイーシー	0.0933142		当期純利益/従業員数	0.1064599
電通国際情報サービス	0.1018341		電通国際情報サービス	0.1018341
SJI	0.0958204		売上高/従業員数	0.0981890
日本総合研究所	0.0965406		JBCC ホールディングス	0.0981082
売上高/従業員数	0.0981890		日本総合研究所	0.0965406
営業利益/従業員数	0.1068338		DTS	0.0964221
当期純利益/従業員数	0.1064599		SJI	0.0958204
経常利益/従業員数	0.1064777		シーイーシー	0.0933142

表 7 : 従業員数 1000~1999 人企業評価ランキング

従業員数 1000~1999 人				
固有値	6.4900830	回数	8	
オービック	0.0692459		兼松エレクトロニクス	0.0789145
菱友システムズ	0.0686636		インフォコム	0.0751620
JFE システムズ	0.0685969		売上高/従業員数	0.0728556
SRA ホールディングス	0.0704561		フューチャーアーキテクト	0.0723039
ラック	0.0695705		シーエーシー	0.0718939
アイネス	0.0711768		アイネス	0.0711768
シーエーシー	0.0718939		経常利益/従業員数	0.0706945
フューチャーアーキテクト	0.0723039		SRA ホールディングス	0.0704561
インフォコム	0.0751620		当期純利益/従業員数	0.0703963
兼松エレクトロニクス	0.0789145		営業利益/従業員数	0.0700695
売上高/従業員数	0.0728556		ラック	0.0695705
営業利益/従業員数	0.0700695		オービック	0.0692459
当期純利益/従業員数	0.0703963		菱友システムズ	0.0686636
経常利益/従業員数	0.0706945		JFE システムズ	0.0685969

表 8：従業員数 999 人以下企業評価ランキング

従業員数 999 人以下				
固有値	3.4478130	回数	12	
パナソニック電工インフォメーションシステムズ	0.1616915		パナソニック電工インフォメーションシステムズ	0.1616915
ウチダエスコ	0.1227175		モジュール	0.1281997
日本サード・パーティ	0.1169705		ウチダエスコ	0.1227175
モジュール	0.1281997		営業利益/従業員数	0.1189317
売上高/従業員数	0.1173408		経常利益/従業員数	0.1186695
営業利益/従業員数	0.1189317		売上高/従業員数	0.1173408
当期純利益/従業員数	0.1154789		日本サード・パーティ	0.1169705
経常利益/従業員数	0.1186695		当期純利益/従業員数	0.1154789

5. 考察

ランキングベクトルによる SI 企業の総合評価ランキングを算出した結果、1 位～9 位までの企業が売上高/従業員数・営業利益/従業員数・経常利益/従業員数・当期純利益/従業員数のどの指標よりも順位が上であったから、これらの企業はどの指標においても効率的に企業経営を行っていることを表している。また、この順位から分かる事は、今回研究の対象とした SI 企業にとって売上高・営業利益・経常利益・当期純利益の中で最も企業経営に最も影響を与える指標が、営業利益であることも読み取れる。しかしながら、売上高はどの企業もその指標を上回っていることから、この業界の企業経営としてはそれほど重要なファクターではないと理解できる。

次に、具体的な企業別の考察を行いたいと思う。1 位～9 位にランク付けされた企業の大半は、一般的に企業規模としては小規模～中規模とくに中規模の企業が 9 社の内 6 社入っている。今回、全 34 社の総合評価ランキングとは別に、従業員数 1 万人以上・3000～9999 人・2000～2999 人・1000～1999 人・999 人以下と企業をグループ分けし、その中でもランキングベクトルを用いランキング付けを行った。その結果、従業員数 3000～9999 人の企業群においてのみ、どの企業も今回用いた 4 つの指標を上回っていた。これら 2 つの結果からこの業界においては、中規模の企業が非常に効率良く企業経営を行い、同時に従業員数も今回扱った企業の中では、適切な数に近いと研究結果から分かった。一方で、従業員 1 万人以上の大企業（SCSK・日立製作所・NTT DATA・NEC・富士通・富士ソフト・IT ホールディングス）は、いずれの企業も 4 つの指標を上回っていない。このことから、規模に対する従業員数にまだまだ改善の余地があることは否めない。

また、本研究では SI 業界の総合評価ランキングの作成と、この業界での企業経営において重要なフ

アクターと考えられる従業員数の最適数の提案を行った。今回、表2の結果から上位1位～3位までがランキングベクトルにおいて、4位以下と比較的大きな数値差があり34社の中では非常に効率良く企業経営を行っていると考えられる。そのため、この上位3社における財務指標と従業員数の関係から、この業界にとって最適な従業員数を考えた。今回用いた財務指標は（単位：億円）とし、従業員数/営業利益・従業員数/当期純利益・従業員数/経常利益・従業員数/売上高を用い、上位3社の従業員数との関係を考察した。その結果、おおむね営業利益では『15～20』、当期純利益では『30～40』、経常利益では『15～20』、売上高では『1.5～2.0』という結果となった。ゆえに、今回の研究結果から各企業の財務状況によって上記のこれらの割合を参考に従業員数を調整し、SI業界において企業経営を行うことでSI企業としてより効率的な企業経営に繋げ得る可能性があると考えられる。

6. 総括

本研究では、評価対象とした企業と様々な財務指標を同時に扱い、それらを一つのランキング内に混在させたランキング作成の提案を行った。このように企業と財務指標を同じランキング内で扱うことで、ランキング内での評価基準が一目で判断可能である。このランキングは、評価対象となる企業が与えられた財務指標より上位に位置する場合、それらの企業は、評価対象となる業界・企業群の中で企業経営における効率性は十分に確保できていると判断でき、また指標よりも下位となる場合は、企業経営における効率性に改善の余地があり、同時にどの程度で順位の上昇を起こせるかも明らかにできるものである。つまり、本研究でのランキング内で、ある企業が全指標を上回り、かつ最上位に位置した場合、その企業は、評価対象としたSI企業34社の中において非常に効率良く企業経営を行い優れた企業であることを示している。また、各企業を従業員数毎に分類わけしランキングベクトルによる各々のランキングを作成した。その結果から得られた情報により、SI業界において各企業の財務指標に対し、どの程度の従業員数が最適であるかを明らかにし提案した。

今後検討する課題として、本研究では用いなかった各企業・各財務指標に対してウェイト付けを行い、ウェイト付けを行った際のランキングとウェイト付けを行わなかったランキングを比較し、相関関係を考察することが挙げられる。

また、ランキング生成にあたり、評価行列を作成し算出された固有ベクトルの値を降順に並べることでランキング生成を行ったが、この値に関して詳細に言及し検討する余地があると考えられる。本研究は、総合企業評価ランキングの作成を目的としランキング作成を行ってきたが、このように膨大なデータをプログラミングを用いて瞬間的に処理する手法は、昨今の大量データ利用時代において、有効な手法であると考えられる。なぜなら、スマートフォンが携帯電話の主流となりつつある今、それによる様々な企業による様々なスマートフォン用アプリケーションが開発されている。スマートフォンユーザーから得られた様々なデータをあるサーバーに集められ、それらを一括で瞬間的に処理する必要性は、今後より必要となり重要性が増してくると思われる。このような大量データを瞬間的に決定的手法を用いて処理することで、スマートフォンユーザーの動向を判断し、商品販売や商品トレンド、地域毎の販売活動等にデータを活かすことができる。これらを用いることは、企業活動を優位に進められる

一つの方法となりうると考えられる。本研究で行った手法を今後普及させ、どのように現在の情報化社会に適用させていくかも課題の一つである。

参考文献

- [1] 大島邦夫、保福一郎：“ランキングベクトルとウェイトを適用した試験結果におけるランキング法について” 応用数学会論文誌 vol.6, No.1 pp133-146 1996
- [2] 染川千佳：“ランキングベクトルを適用した優良企業ランキング手法” 修士論文 2010
- [3] 青柳満弓子：“ペロン・フロベニウスの定理およびランキングベクトルの大規模同一得点内におけるランキングへの適用に関する研究” 修士論文 1995
- [4] Amy N.Langville and Carl D.Meyer, Updating Markov Chains with an Eye on Google's Pagerank, SIAM J.MATRIX ANAL.APPL. Vol.27, No4, pp968-987 2006
- [5] The \$25,000,000,000 Eigenvector:The Linear Algebra behind Google SIAM Review Vol.48, No3, pp569-581 2006
- [6] R.B.Bapat and T.E.S.Raghavan, Nonnegative Matrices and Applications, Cambridge, New York, 1996
- [7] James P. Keener ,The Perron-Frobenius Theorem and The Ranking of Football Teams, SIAM Review, Vol.35, No.1, pp80-93, march 1993
- [8] Philippe G. Ciarlet, Introduction to numerical linear algebra and optimization, Cambridge University Press, New York, 1989
- [9] Alexander Graham, Nonnegative Matrices and Applicable Topics in Linear Algebra, Ellis Horwood, England, 1987
- [10] Abraham Berman and Robert J. Plemmons, Nonnegative Matrices, Academic Press, New York, 1979